



ANALISA KERUSAKAN SHAFT ULIR DAN KOPLING POMPA CANISTER PADA MESIN TINTING AUTOMATIC DAN OPTIMASI MEMPERPANJANG UMUR PAKAI

Irwan Aranda¹

¹ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No.1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : ¹dosen012810@unpam.ac.id

Masuk : 21 Agustus 2019

Direvisi : 12 September 2019

Disetujui : 2 Oktober 2019

Abstrak: Mesin Tinting Automatic adalah mesin penghasil warna. Kerusakan yang terjadi akibat korosi sumuran pada permukaan *body shaft* ulir dan kopling apabila di abaikan dapat menyebabkan hubungan *shaft* ulir dan kopling patah. Pada pengujian komposisi kimia menunjukan C 0.0696 bahwa matrial baja karbon rendah, uji metalografi menunjukan bahwa terdapat unsur ferit dan perlit, dan uji kekerasan dengan metode Vickers menunjukan bahwa pada bagian *shaft* ulir dengan rata-rata 202-221 HV. Pada saat korosi menyebabkan mengecilnya dimensi pada *guide* motor dari 13.91 mm ke 12.85 mm dan *plate joint* (kopling) dari 13 mm ke 12.5 mm. Pada pengujian SEM atau EDX menunjukkan tingginya unsur sulfur (S) dan Zink (Zn) yang terdapat pada pewarna 34% (*pigment*). Korosi sumuran pada *shaft* ulir terjadi karena adanya kesalahan *design* dimana kopling terendam cairan yang bersifat korosif. Untuk optimasi usaha memperpanjang umur operasional (*life time*) harus melakukan *redesign* dengan menggunakan *seal* untuk memisahkan antara ruangan tinta dan kopling.

Kata kunci: *Shaft* ulir dan kopling, Kerusakan, Pengujian, *Redesign*.

Abstract: Automatic Tinting Machine is a color producing machine. Damage caused by corrosion of wells on the surface of the threaded body shaft and clutch if ignored may cause the connection of threaded shafts and clutch fracture. In the chemical compression test showed C 0.0696 that the steel material of low carbon, metallographic test showed that the content of ferrite and pearlite elements, and hardness test with Vickers method with an average of 202-221 HV. At the time of corrosion causes diminution of dimensions in the clutch gauge from 13.91 mm to 12.85 mm and plate joint from 13 mm to 12.5 mm. In SEM or EDX tests showed high sulfur (S) and Zink (Zn) elements found in 34% (*pigment*) dye. Corrosion of wells on threaded shafts occurs due to a design error in which the clutch is inundated with corrosive fluid. For business optimization to extend operational life (*life time*) must do redesign by using seal to separate between ink and clutch room.

Keywords: *Shaft* thread and coupling, Damage, Testing, *Redesign*.

PENDAHULUAN

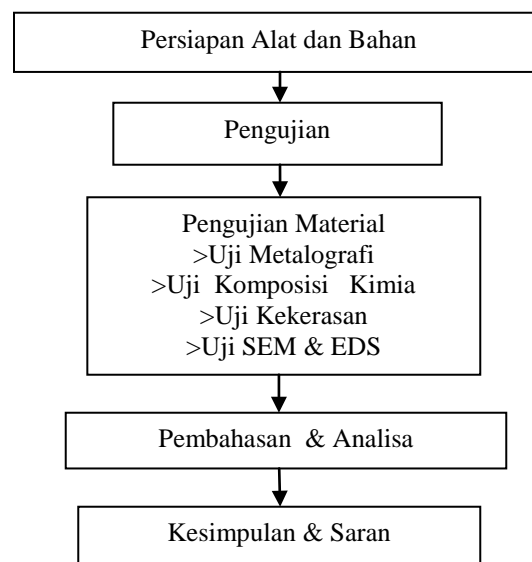
Pemeliharaan dan keandalan (Maintenance and reliability) merupakan aktivitas yang berkaitan untuk mempertahankan peralatan sistem kerja mesin dalam kondisi baik untuk waktu tertentu sehingga tidak mengganggu proses produksi. Shaft ulir dan kopling pompa canister merupakan jenis baja paduan yang menggunakan proses manufaktur pembubutan dengan menggunakan mesin bubut atau Cnc (Computer Numerical Control) [1]. Shaft ulir dan kopling merupakan baja paduan rendah, terdapat sedikit unsur paduan selain karbon yang ditambahkan.

Sedangkan baja paduan tinggi mengandung kadar unsur paduan yang besar yang sengaja ditambahkan untuk meningkatkan karakteristik sifat dari baja[2]. Shaft ulir dan kopling merupakan logam mempunyai beberapa sifat antara lain, sifat mekanis, sifat kimia dan sifat mampu mesin. Sifat mekanis merupakan kemampuan suatu logam untuk menahan beban yang diberikan pada logam tersebut [3]. Bila karbon (C) ditambahkan ke dalam besi, karena atom karbon sangat kecil dibandingkan atom besi, maka atom-atom karbon terdistribusi pada ruangan kosong di sela-sela antara atom-atom besi. Elemen-elemen lain yang juga dapat membentuk larutan padat intersisi dengan besi karbon adalah boron (B), hydrogen (H), nitrogen (N) dan oksigen (O) [4].

Pengujian kekerasan Shaft ulir dan kopling untuk mengukur tahanan dari logam terhadap deformasi plastis. Ketika gaya tertentu diberikan pada suatu benda uji dan karena pengaruh pembebanan tersebut, benda uji mengalami deformasi[5]. Kerusakan atau kegagalan Pada Shaft ulir dan kopling merupakan suatu siklus dari material dan mata rantai proses produksi dalam industri serta pendayagunaannya, cepat atau lambat kerusakan pada komponen atau peralatan pasti akan terjadi. Sebelum terjadinya kerusakan pada komponen atau peralatan tersebut biasanya didahului oleh beberapa tahapan - tahapan gangguan. Sumber utama kerusakan disebabkan Kesalahan perencanaan (design fault), Kesalahan material (material fault), Kesalahan proses fabrikasi atau pembuatan (fabrication fault), Kesalahan operasional (service fault)[6]. Perpatahan Shaft ulir dan kopling selalu didahului oleh deformasi plastis, jika deformasi plastis terjadi pada perpatahan maka disebut perpatahan ulet (ductile fracture), bila tidak diiringi deformasi plastis disebut perpatahan rapuh (brittle fracture)[6]. Proses kerusakan pada logam / material atau sifat - sifat lainnya yang di pengaruhi lingkungan dan berlangsung secara kimiawi atau elektro kimia ditandai dengan penurunan mutu (degradasi) material logam maupun non logam. Reaksi korosi terjadi bila terdapat perbedaan potensial listrik dan terbentuknya suatu sirkuit listrik tertutup[7]. Pemeliharaan didefinisikan sebagai semua kegiatan untuk mempertahankan kelayakan operasi suatu peralatan atau mesin, memperbaikinya sampai mencapai suatu kondisi sesuai dengan spesifikasi yang distandarkan[8].

METODOLOGI

Proses penelitian dalam analisa fenomena kerusakan patah dan korosi akibat zat kimia maupun komposisi material pada studi kelayakan shaft ulir dan kopling pada operasi mesin tinting automatic. Secara garis besar proses penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan akar penyebab kegagalan operasional dan studi kelayakan shaft ulir dan kopling pada operasi Mesin tinting automatic dapat di lihat pada gambar diagram alir



Gambar 1. Diagram proses penelitian

INSPEKSI VISUAL

Pemeriksaan obyek secara langsung (Inspeksi visual) dilakukan untuk memastikan terjadinya kerusakan agar mendapatkan data - data otentik untuk proses analisa kerusakan dan upaya perbaikan.



Gambar 2. Perbandingan bagian shaft ulir dan kopling baru dan terkorosi

Dapat di lihat pada gambar 2 ada bagian shaft ulir tidak terkorosi karena bagian tersebut masuk pada karet / rubber sehingga sedikit yang merendam bagian tersebut, dalam proses berhentinya motor (tidak dalam berkerja) bagian ulir tidak mengalami pengikisan crome.



Gambar 3. Shaft ulir dan kopling dalam kondisi pemakaian 6 bulan

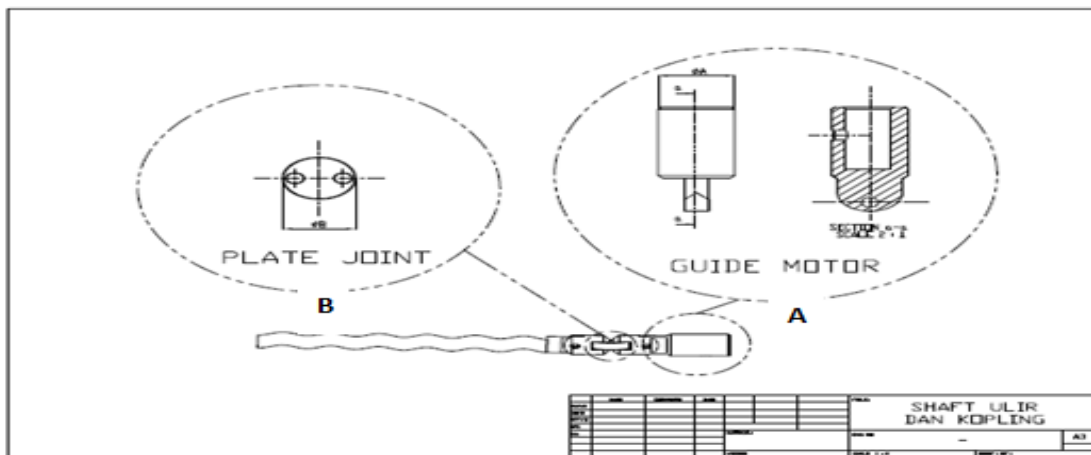
Di lihat pada gambar 3 bahwa sambungan shaft ulir dan kopling mengalami korosi sumuran, korosi tersebut merusak lapisan crome/chromium pada permukaan shaft ulir dengan pemakaian 6 bulan



Gambar 4. Shaft ulir dan kopling dalam kondisi pemakaian 6 bulan lebih.

Dapat dilihat pada gambar 4 bahwa pengamatan visual yang dilakukan terhadap material shaft ulir dan kopling yang mengalami kerusakan pada bagian hubungan shaft ulir dan Kopling yang mengalami korosi sumuran (petting corrosion), korosi tersebut di sebabkan karena shaft ulir dan kopling tersebut terendam cat/tinta yang diam pada saat proses produksi berhenti.

Inspeksi visual kerusakan meliputi pengukuran shaft ulir dan kopling yang dibandingkan antara ukuran kondisi rusak dengan ukuran kondisi baru. Pada gambar 5 sketsa merupakan daerah yang mengalami korosi sumuran.



Gambar 5 Shaft ulir dan kopling yang mengalami perubahan karena korosi sumuran (pitting corrosion).

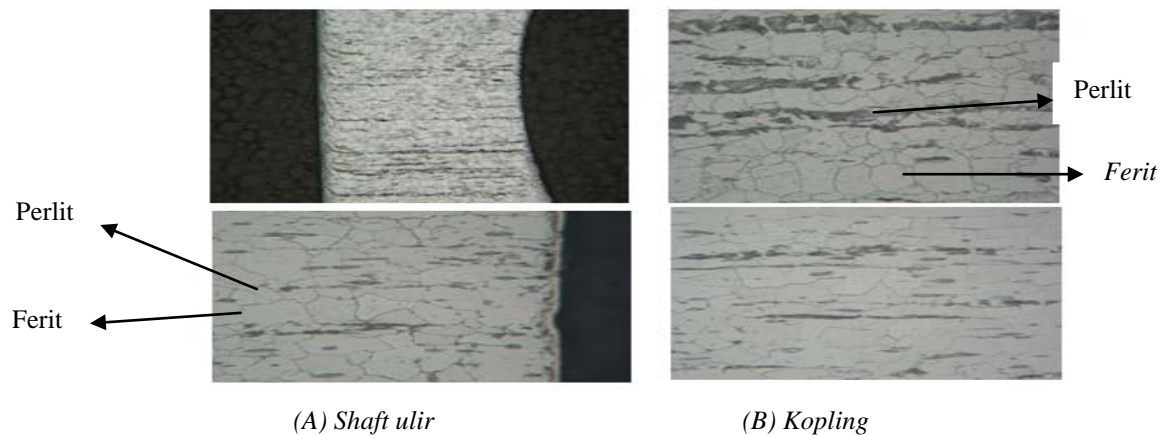
Tabel 1 Hasil pengukuran

Lokasi ukur	Baru	Lama	Perubahan	Perbedaan
A	13.91mm	12.85mm	1.06 mm	Lebih kecil
B	13mm	12.5mm	0.5mm	Lebih kecil

Berdasarkan sketsa gambar 1 hasil inspeksi visual dan pengukuran dimensi mayoritas ukuran berkurang menjadi lebih kecil pada guide motor dari 13.91 mm dan plate joint (kopling) 13 mm lalu ukuran setelah pemakaian pada komponen shaft ulir dan kopling yang terkorosi bahwa dimensi guide motor menjadi 12.85 mm dan plate joint (kopling) 12.5 mm.

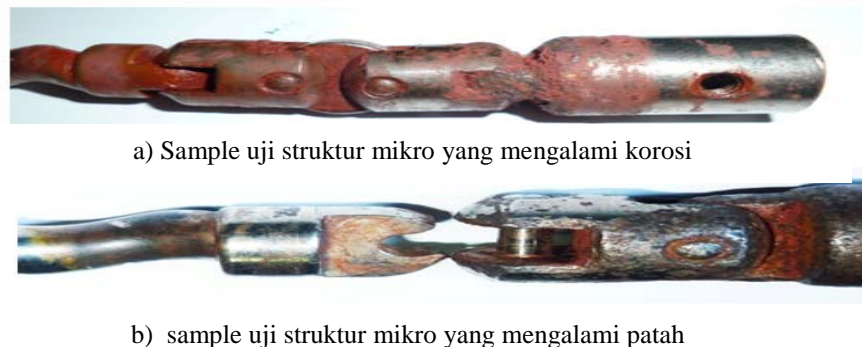
ANALISA STRUKTUR MIKRO *SHAFT* ULIR DAN KOPLING

Analisa struktur mikro dilakukan untuk mengetahui adanya unsur cacat material, perubahanan struktur material, kerusakan yang terjadi sebagai referensi bahwa shaft ulir dan kopling tersebut layak digunakan kembali atau tidak. Pada gambar 6 merupakan sampel shaft ulir dan kopling pada kondisi baru menunjukkan bahwa unsur ferit dan perlit.



Gambar 6. Merupakan sampel shaft ulir dan kopling pada kondisi baru.

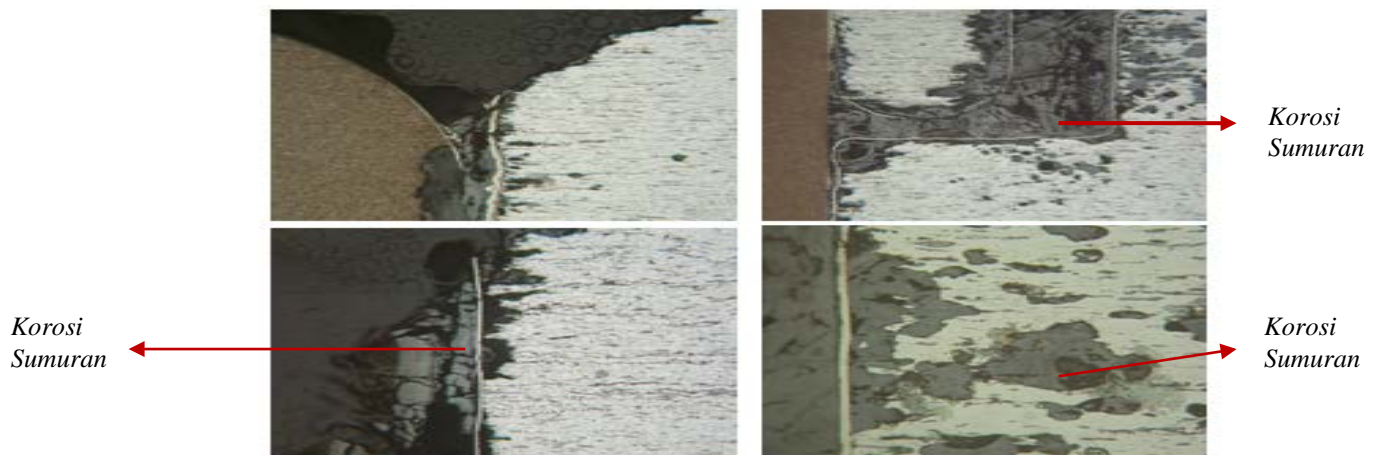
Pada gambar 6 material sampel shaft dan kopling kondisi baru berupa baja karbon rendah (low alloy steel) yang di crome/chromium sebagai pelapis shaft ulir dan kopling dari melindungi komposisi tinta. Dapat di lihat bahwa pada pengujian struktur mikro bahwa unsur perlit memanjang di sebabkan dalam proses awal pembuatan matrial shaft ulir dan kopling menggunakan proses rolling (penggerolan).



Gambar 7. Sample uji struktur makro pada shaft ulir dan kopling yang sudah mengalami korosi dan patah.

Pada gambar 7 merupakan sample uji struktur makro pada shaft ulir dan kopling yang mengalami korosi dan patah dilakukan untuk mengetahui adanya unsur cacat material, perubahanan struktur material, kerusakan yang terjadi pada matrial.

Dari hasil analisa struktur mikro sampel yang rusak terdapat korosi sumuran. Korosi sumuran terjadi secara lokal/ setempat, berupa lubang-lubang dan perkembangan makin dalam menyebabkan rusaknya lapisan crome sehingga masuk pada bagian dalam melalui sela - sela struktur dapat di lihat pada gambar 8 di bawah yang berwarna gelap (abu-abu), korosi sumuran adalah korosi lokal dari permukaan logam yang dibatasi pada satu titik atau area kecil dan bentuk rongga. Penetrasi bisa begitu besar sehingga shaft ulir dan kopling dapat benar-benar berlubang atau penetrasi bisa berhenti di kedalaman tertentu atau berhenti dan kemudian restart. Shaft ulir dan kopling merupakan komponen di bawah tekanan tarik, lubang dapat inisiasi situs untuk retak, yang kemudian dapat tumbuh dengan kecepatan tinggi, akhirnya berakhir dengan kegagalan atau terputusnya bagian.



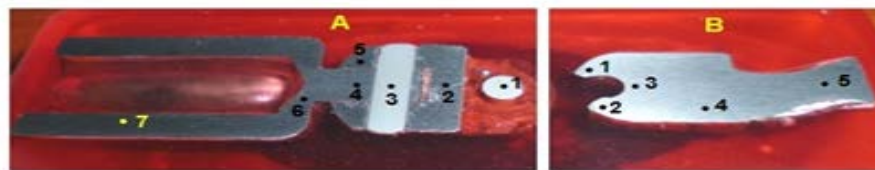
a) Bentuk struktur mikro *shaft* ulir

b) Bentuk struktur mikro kopling

Gambar 8. Bentuk struktur mikro padashaft ulir dan kopling yang rusak.

ANALISA KEKERASAN

Analisa kekerasan pada shaft ulir dan kopling dimaksud untuk menahan pembebanan yang dapat berupa goresan atau penekanan dengan metode uji Hardnes Vickers (HV), beban (P) 5 Kgf, Sudut identor 136o, waktu uji 15 detik.



Gambar 9. *Shaft* ulir dan kopling yang di uji kekerasan

Tabel 2. Nilai kekerasan uji *Vickers*

NO.	NILAI KEKERASAN, HV	
	Sampel A (kopling)	Sampel B (<i>shaft</i> ulir)
1	792	221
2	212	221
3	781	221
4	202	218
5	212	216
6	202	-
7	208	-

dari hasil tabel 2 pengujian pada shaft ulir bahwa kekerasan pada sample titik A yang paling tertinggi terdapat pada pin/pasak sambungan merupakan baja karbon tinggi (high alloy steel) sehingga kekerasan mencapai 781-792 HV dan pada sample B kekerasan hampir merata pada bagian bawah shaft ulir karena memiliki struktur mikro baja karbon rendah (low alloy steel) karena kekerasannya hanya 202-221 HV.

ANALISA KOMPOSISI KIMIA

Berdasarkan hasil pemeriksaan visual, dipandang perlu untuk melakukan pengujian analisa komposisi kimia sebagai berikut dengan metode spektrometri emisi :

Tabel 3. Hasil uji komposisi kimia shaft dan kopling

Unsur	R e s u l t (w t %)	Standart
	Shaft ulir dan kopling	JIS G 1008
Fe	97.2	-
C	0.0696	(0.06-0.10)
Si	0.0050	0.15 Maks
Mn	1.56	0.6 Maks
P	0.04	0.040 Maks
S	0.0644	0.040 Maks

Lanjutan Tabel 3 Hasil uji komposisi kimia *shaft* dan kopling

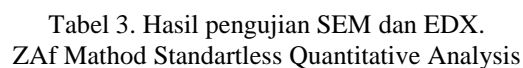
Dari analisa komposisi kimia *shaft* ulir dan kopling kondisi yang mengalami kerusakan diperoleh bahwa:

- 1) Unsur karbon (C) pada *shaft* ulir dan kopling sesuai dengan standar JIS G 1008 (0,06-0,10) pada kondisi rusak (0.0696%C) sesuai dengan standar unsur karbon (C) sehingga ketahanan material sesuai dengan standar JIS G 1008.
- 2) Unsur silikon (Si) pada *shaft* ulir dan kopling sesuai dengan standar JIS G 1008 (0.15 maks) pada kondisi rusak (0.0050%Si) lebih rendah dibandingkan standart sehingga ketahanan material kurang handal dan menurunnya sifat mekanis logam.
- 3) Unsur sulfur (S) pada *shaft* ulir dan kopling sesuai dengan standar JIS G 1008 (0.040%S) pada kondisi rusak (0.040%S) sesuai dengan standart, apabila terlalu tinggi unsure sulfur (s) maka dapat mengakibatkan sifat getas pada *shaft* ulir dan kopling.
- 4) Unsur mangan (Mn) pada *shaft* ulir dan kopling sesuai dengan standar JIS G 1008 (0.6 Mn), pada kondisi rusak (1.56%Mn) lebih tinggi dari standar JIS G 1008 maka memiliki sifat tahan gesekan dan sifat terhadap tekanan.
- 5) Unsur fosfor (P) pada *shaft* ulir dan kopling sesuai dengan standar JIS G 1008 (0.4%P max), pada kondisi rusak (0.0644%Mn) lebih rendah sehingga mempengaruhi kerapuhan terhadap *shaft* ulir dan kopling.
- 6) Unsur Besi (Fe) pada *shaft* ulir dan kopling sesuai dengan standar JIS G5501 2007 (93.2%Fe), pada kondisi rusak (97.2Fe) merupakan dominasi / material
- 7) utama sehingga akan terpengaruh komposisinya jika unsur - unsur lainnya (Ni, Cr, Mo, V, Cu, W, Ti, Sn, Al, Pb, Nb, Zr, Zn) berubah..

ANALISA SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM) DAN ENERGY DISPERSIVE X-RAY (EDX)

Figure 1 consists of four SEM images labeled (a) through (d).
 (a) Backscattered electron (BSE) image showing a rough, orange-brown surface. Technical parameters: SED 20kV, WD10mm, S552, x100, 100µm, 0000, 19 Jun 2017.
 (b) Secondary electron (SE) image at 500x magnification showing a dark, textured surface. Technical parameters: SED 20kV, WD10mm, S552, x500, 100µm, 0000, 19 Jun 2017.
 (c) SE image at 200x magnification showing a dark, textured surface. Technical parameters: SED 20kV, WD10mm, S556, x200, 100µm, 0000, 19 Jun 2017.
 (d) SE image at 300x magnification showing a dark, textured surface. Technical parameters: SED 20kV, WD10mm, S556, x300, 50µm, 0000, 19 Jun 2017.

Gambar 10. Hasil pengujian SEM & EDX shaft ulir dan kopling pada lokasi korosi



Fitting coefficient : 0.1949

Element	(Kev)	Mass%	Error%	Atom%	compound	Mass%	cation	K
C K	0.277	49	0.03	64.25				35.0833
O K	0.525	30	0.13	29.45				28.9989
Al K	1.406	0.80	0.04	0.46				1.0429
Si K	1.739	1.33	0.04	1.04				3.0026
S K	2.307	0.76	0.06	0.47				2.0855
Ca K	3.690	0.76	0.05	0.27				1.5958
Cr K	5.411	0.37	0.09	0.11				0.7386
Fe K	6.399	12.72	0.12	3.53				23.5168
Zn K	0.630	0.72	0.34	0.17				1.2400
Mo K	2.293	1.54	0.17	0.25				2.6957
Total		100.00		100.00				

Dari hasil pengujian SEM dan EDX dapat dilihat pada tabel 5 menggambarkan bahwa pada permukaan patahan shaft ulir dan kopling telah mengalami beban puntir selama operasional. Analisa SEM atau EDX menunjukkan telah terjadinya proses pengkeroposan pada permukaan shaft ulir dan kopling. Pola kerusakan akibat ditunjukkan dengan tingginya unsur sulfur (S) dan Zink (Zn) yang masuk pada rongga / celah struktur material shaft ulir dan kopling dengan kandungan yang terdapat dalam cat.

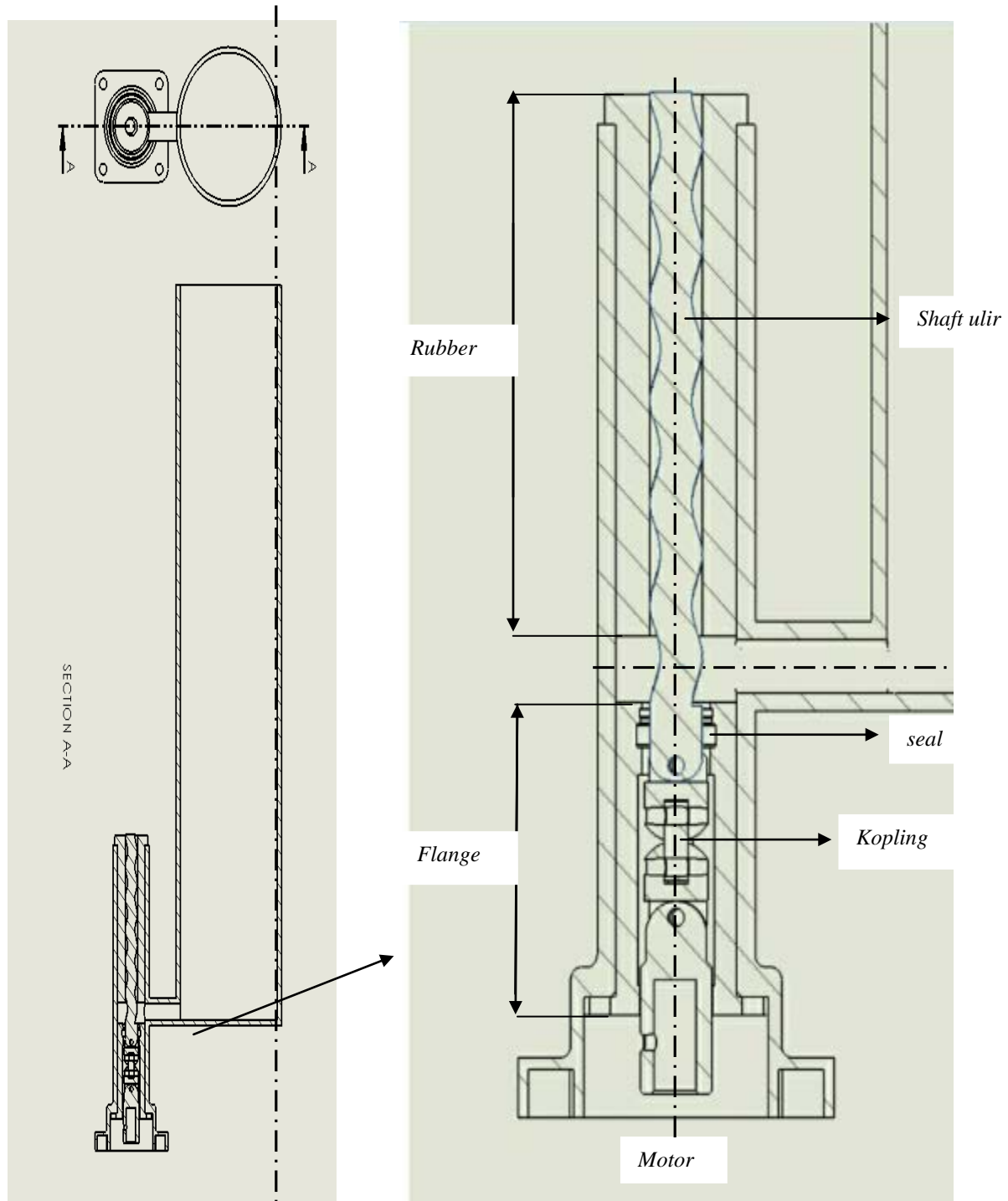
ANALISA PENYEBAB DAN MEKANISME

Dari hasil pengamatan visual, Pengujian komposisi kimia, Pengujian kekerasan dan Pengujian metalografi dapat diketahui perubahan - perubahan yang sangat signifikan shaft ulir dan kopling kondisi yang sudah rusak. Hal ini dimungkinkan karena shaft ulir dan kopling beroperasi tidak berlanjut / kontinyu terdapat jeda pengoperasian sehingga menyebabkan terjadinya korosi sumuran (pitting corrosion), korosi tersebut disebabkan karena shaft ulir dan kopling tersebut terendam cat (pasta) yang diam pada saat proses produksi berhenti, cat (pasta) merupakan mekanisme autokatalitik yang dapat menghasilkan larutan yang pekat dan berat cat (pasta) juga mengandung pelarut (solvent) sehingga mengikis permukaan body sehingga merusak chrome/chromium.

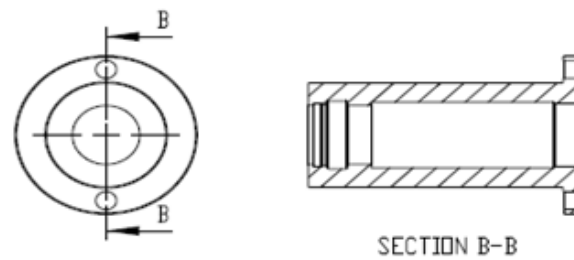
PENANGGULANGAN DAN USAHA MEMPERPANJANG UMUR PAKAI SHAFT ULIR DAN KOPLING

Kerusakan logam pada dasarnya bisa diketahui / dideteksi dari gejala - gejala perubahan sifat dan perubahan visual adapun kerusakan tersebut secara umum disebabkan oleh :

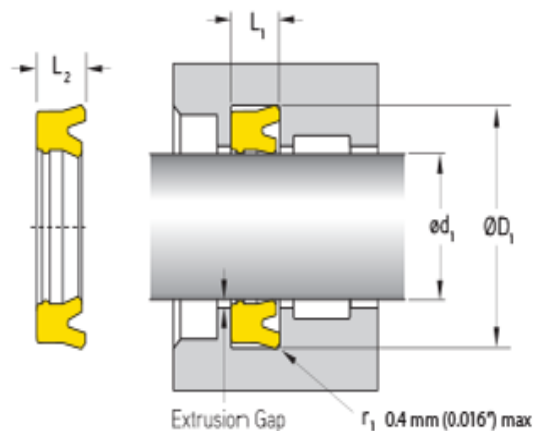
1. Faktor terendahnya kopling sehingga menyebabkan korosi sumuran (fitting corrosion)
2. Faktor komposisi cat karena mengandung unsur sulfur (S) dan unsur zink (Zn) terdapat pada pigment unsur-unsur ini yang dapat mempercepat korosi sehingga patah pada shaft ulir dan kopling.
3. Untuk mengatasi korosi pada lokasi pertemuan shaft dan kopling perlu dilakukan redesign dengan memasang seal agar memisahkan antara ruangan kopling dengan aliran tinta dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Sketsa redesign shaft ulir dan kopling dengan memanjangkan flenge untuk seal

Gambar 13. *Redesign flange* dan bahan polimer polipropilena

Keterangan pada gambar 13 di atas adalah gambar 13 *flange* di *redesign* lebih panjang dengan menggunakan baja karbon rendah untuk dudukan *seal*.

Tabel 4. *Standart seal ISO 9001*

Part Number	Od1	OD1	L2	L1
MRUC-006X009X3.5	6	9	3.5	4
MRUC-006X016X07.0	6	16	7	8
MRUC-006X018X07.0	8	18	7	8
MRUC-010X015X0.36	10	15	3.6	4
MRUC-012.7X018X05.5	12.7	18	5.5	6
MRUC-012X018X04.5	12	18	4	4.5
MRUC-012X018X05.7	12	18	5.7	6.3

Pada tabel 4 standart seal ISO 9001 bahwa od_1 merupakan diameter luar shaft, OD1 merupakan diameter seal luar, L1 merupakan luas daerah flange, dan L2 merupakan daerah luas seal.

Dengan menggunakan *seal standart ISO 9001* dapat di lihat pada gambar 14. dengan kode od_1 untuk diameter luar shaft 10 mm, OD₂ untuk diameter luar *seal* 15 mm, L₁ untuk luas permukaan *flange* 3.60 mm, dan L₂ untuk luas permukaan *seal* 4 mm. sehingga dari seal yang di gunakan dapat bekerja dengan sempurna tidak ada kebocoran.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan pada dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil inspeksi visual dan pengukuran dimensi mayoritas ukuran berkurang (berubah lebih kecil) pada *guide* motor dari 13.91 mm ke 12.85 mm dan *plate joint* (kopling) dari 13 mm ke 12.5 mm yang disebabkan korosi sumuran (*pitting corrosion*).
2. Dari hasil pengujian komposisi kimia, kekerasan dan metalografi dapat diketahui perubahan - perubahan yang terjadi pada *shaft* ulir dan kopling pada kondisi yang sudah rusak akibat korosi sumuran (*pitting corrosion*). Korosi tersebut di sebabkan karena *shaft* ulir dan kopling tersebut terendam cat (pasta) yang diam pada saat proses produksi berhenti, cat (pasta) merupakan *mekanisme autokatalitik* yang dapat menghasilkan larutan yang pekat dan berat, cat (pasta) juga mengandung pelarut (*solvent*) dan pewarna (*pigment*) yang serta unsur zing (Zn) dan unsur sulfur (S) sehingga dapat menyebabkan :
 1. Mengikis permukaan *body* sehingga merusak *chrome/chromium*.
 2. Terkorosinya (korosi sumuran) pada *shaft* ulir dan kopling.
3. Dari hasil analisa SEM atau EDX menunjukkan telah terjadinya proses pengkeroposan pada permukaan *shaft* ulir dan kopling. Pola kerusakan ditunjukkan dengan tingginya unsur sulfur (S) dan Zing (Zn) yang masuk pada rongga / celah struktur material *shaft* ulir dan kopling dengan kandungan unsur zing (Zn) dan kandungan unsur sulfur (S) terdapat pada pewarna (*pigment*).

DAFTAR PUSAKA

1. Hidayat, Rahmat. Mesin Bubut. <http://www.academia.edu> (diakses pada tanggal 20 Mei 2017).
2. Daryanto. 2010. Ilmu Metalurgy. Bandung: Satu nusa.
3. Surdia dan Chijjiwa. 2000. Pengetahuan Bahan Teknik. Jakarta: Pradnya Paramita.
4. ASTM. 2003. Metal Test Methods and Analytical Procedures. Annual Book of ASTM Standard.
5. Efendi, Zainal. 2010. Jurnal Kekerasan Material. Surabaya: Fakultas Sains dan Teknologi.
6. ASM HANDBOOK. 2003. Failure Analysis and Prevention. Metal Handbook.
7. Kuswati, Tine Maria dkk. korosi pada logam. <http://www.academia.edu> (diakses pada tanggal 9 Juni 2017).
8. Asyari, Daryus. Manajemen Pemeliharaan Mesin Perawatan Industri. <http://www.academia.edu> (diakses pada tanggal 10 Juni 2017)